

матрицы характеристики сопротивления и расхода;  $O$  – одностолбцовая матрица рангом  $(q-1)$ , элементы которой равны нулю.

Матрица инцидентий и матрица циклов имеет число элементов, зависящих от количества узлов в системе  $\gamma$ . Размерность матриц может достигать значения  $(\gamma-1)\gamma$  для матрицы инцидентий,  $(p-\gamma+1)p$  – для матрицы циклов. Большая часть элементов матриц имеет нулевое значение. Поэтому на этапе программной реализации матрицы удобно представлять в списочной форме.

Система нелинейных уравнений представляет собой математическую модель потокораспределения в системе тепло-, холодоснабжения, на основе которой могут быть решены задачи синтеза и анализа сети.

1. Кокорин О.Я., Архипов К.П. Снижение расхода электроэнергии в системах кондиционирования воздуха // Холодильная техника. – 1999. – №2.

2. Кокорин О.Я., Дементьев В.В. Энергосберегающие режимы регулирования процессов охлаждения воздуха в СКВ с помощью насосов фирмы "Грундфос" // Холодильная техника. – 1999. – №11.

3. Рымкевич А.А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Стройиздат, 1990.

Получено 10.04.2001

УДК 697.9

А.Ф.СТРОЙ, д-р техн. наук, Ю.К.ПРИПОТЕНЬ

Полтавський державний технічний університет ім.Юрія Кондратюка

### **РОЗРАХУНОК ГРАВІТАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ У ПРИМІЩЕННЯХ З ІНФРАЧЕРВОНИМ ОПАЛЕННЯМ**

При використанні пальників інфрачервоного випромінювання для опалення приміщення виникає необхідність у його вентиляції. На основі аналізу процесів, що відбуваються при формуванні теплоповітряного режиму, розроблена математична модель, яка дозволяє врахувати взаємозв'язок системи опалення та вентиляції.

Застосування променевого опалення за допомогою високотемпературних випромінювачів дає можливість значно зменшити витрати на опалення приміщень [1]. Однак такі системи мають недолік: продукти спалювання можуть надходити у приміщення. Це викликає необхідність його активної вентиляції. Для відведення продуктів спалювання може застосовуватися механічна або гравітаційна системи вентиляції. Розрахунок кожної з них має свої особливості.

Кількість продуктів спалювання, що потрапляють у приміщення, можна визначити за допомогою рівняння

$$G_{\text{пс}} = V_{\text{г}} \cdot V_{\text{пс}} = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{нр}}} \cdot V_{\text{пс}}, \quad (1)$$

де  $V_{\text{г}}$  – витрата газу;  $V_{\text{пс}}$  – кількість продуктів спалювання, що утворюються при спалюванні 1 нм<sup>3</sup> палива;  $Q_{\text{п}}$  – теплове навантаження пальника;  $Q_{\text{нр}}$  – теплотворна здатність газу.

Кількість повітря, необхідну для асиміляції цих продуктів спалювання, знаходимо з системи балансних рівнянь [2]:

$$\begin{cases} G_{\text{пв}} + V_{\text{г}} = G_{\text{ух}} \\ G_{\text{пв}} c_{\text{пв}} + A_{\text{CO}_2} = G_{\text{ух}} c_{\text{ух}} \end{cases}, \quad (2)$$

де  $G_{\text{пв}}, G_{\text{ух}}$  – відповідно кількість свіжого і витяжного повітря;  $c_{\text{пв}}, c_{\text{ух}}$  – концентрація вуглекислого газу відповідно у свіжому і витяжному повітрі;  $A_{\text{CO}_2}$  – кількість вуглекислого газу, що поступає у приміщення з продуктами спалювання,

$$A_{\text{CO}_2} = a G_{\text{пс}}, \quad (3)$$

де  $a$  – коефіцієнт пропорційності.

У цій системі перше рівняння характеризує повітряний баланс приміщення, друге – баланс вуглекислого газу. Оскільки при застосуванні променевого опалення градієнт температур за висотою приміщення незначний, то концентрацію вуглекислого газу у витяжному повітрі можна прийняти рівною ГДК повітря в робочій зоні.

Після сумісного розв'язання (1)-(3) отримаємо:

$$G_{\text{пв}} = \frac{\frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{нр}}} a V_{\text{пс}} - V_{\text{г}} c_{\text{ух}}}{c_{\text{ух}} - c_{\text{пв}}}. \quad (4)$$

Таким чином, кількість свіжого повітря, що повинно надходити до приміщення, має пряму залежність від навантаження пальників. Однак, має місце і зворотній зв'язок – навантаження пальників залежить від потужності системи вентиляції, тобто

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{со}} + Q_{\text{в}}. \quad (5)$$

Тут  $Q_{\text{со}}$  – тепловтрати приміщення крізь огорожуючі конструкції,

$$Q_{\text{со}} = \sum k'_i F_i (t_i - t_3), \quad (6)$$

де  $k'_i, F_i, t_i$  – відповідно неповний коефіцієнт теплопередачі, площа і

температура поверхні і-го огороження,  $t_3$  – температура зовнішнього повітря.

$Q_B$  – витрати теплоти на підігрівання вентиляційного повітря:

$$Q_B = G_{пв} C_{п} (t_B - t_{пв}), \quad (7)$$

де  $C_{п}$  – теплоємність повітря;  $t_B$  – температура внутрішнього повітря;  $t_{пв}$  – температура повітря, яке надходить у приміщення.

При гравітаційній системі вентиляції температура повітря, що надходить у приміщення, дорівнює температурі зовнішнього повітря.

Об'єднаємо залежності (4)-(7) і отримаємо:

$$Q_B = \frac{K}{1 - K(t_B - t_3)} Q_{co}(t_B - t_3), \quad (8)$$

де

$$K = \frac{c_{п} \rho_{п} (a V_{пс} \rho_{г} - c_{ух})}{Q_{нр} (c_{ух} - c_3)}.$$

Тут  $\rho_{г}, \rho_{п}$  – відповідно густина газу і повітря.

Цю залежність можна використовувати для попередніх розрахунків витрат на вентиляцію приміщення при його опаленні за допомогою пальників інфрачервоного випромінювання. Для того, щоб розрахувати більш точно тепловий і повітряний режим приміщення, об'єднаємо математичну модель теплового режиму [3], рівняння, що характеризують повітряний режим, і рівняння, що характеризують рух повітря у системі вентиляції,

$$G_{пв} = \sqrt{\frac{\Delta P_{пв}}{S_{пв}}}; \quad (9)$$

$$G_{ух} = \sqrt{\frac{\Delta P_{ух}}{S_{ух}}}, \quad (10)$$

де  $\Delta P_{пв}, \Delta P_{ух}$  – розрахунковий перепад тиску відповідно для припливної і витяжної частин вентиляції;  $S_{пв}, S_{ух}$  – характеристика повітропроводів відповідно припливної і витяжної частин вентиляції.

Система рівнянь, що описує теплоповітряний режим приміщення, має вигляд

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{1-3} = \sum_{i=2}^n Q_{1-i} + Q_{1-в} + Q_{1-п} + Q_{в.р.1} \\ Q_{2-3} = \sum_{i=1, i \neq 2}^n Q_{2-i} + Q_{2-в} + Q_{2-п} + Q_{в.р.2} \\ \dots \dots \dots \\ Q_{1-3} = \sum_{i=1, i \neq n}^n Q_{n-i} + Q_{n-в} + Q_{n-п} + Q_{в.р.n} \\ \sum_{i=1}^n Q_{i-в} + cG_{пв} (t_{пв} - t_{в}) + Q_{вк} = 0 \\ \sum_{i=1}^n Q_{люд-i} + Q_{люд-в} - Q_{люд-п} = K_k \\ Q_{п} = \sum Q_{п-i} + Q_{пс} \\ G_{пв} = \frac{\frac{Q_{п}}{Q_{нр}} a V_{пс} - V_{г} c_{ух}}{c_{ух} - c_{пв}} \\ G_{пв} + V_{г} = G_{ух} \\ G_{пв}^{дйс} = \sqrt{\frac{\Delta P_{пв}}{S_{пв}}} \\ G_{ух} = \sqrt{\frac{\Delta P_{ух}}{S_{ух}}} \end{array} \right. , \quad (11)$$

де  $Q_{i-3}$  – тепловтрати через  $i$ -е огородження;  $\sum Q_{i-j}$  – результуючий тепловий потік при променевому теплообміні  $i$ -ї поверхні огороджуючої конструкції;  $Q_{i-в}$  – конвективний тепловий потік біля  $i$ -ї поверхні огороджуючої конструкції;  $n$  – кількість огороджуючих конструкцій;  $Q_{i-п}$  – променевий потік від системи опалення на  $i$ -у поверхню;  $Q_{в.р.i}$  – променева частина внутрішніх теплонадходжень, що

надходить на  $i$ -у поверхню огороджуючої конструкції;  $Q_{вк}$  – конвективна частина внутрішніх теплонадходжень;  $Q_{люд-i}$  – променевий потік від людини на  $i$ -у поверхню;  $Q_{люд-в}$  – конвективний тепловий потік від людини;  $Q_{люд-п}$  – променевий тепловий потік, що надходить від пальника до людини;  $K_k$  – критерій комфортності;  $Q_{пс}$  – теплота продуктів спалювання

$$Q_{пс} = c_{пс} G_{пс} (t_{п} - t_{в}), \quad (12)$$

де  $c_{пс}$  – теплоємність продуктів спалювання;  $t_{п}$  – температура пальника.

Невідомими в цій системі є температура кожної огороджуючої конструкції, температура внутрішнього повітря, температура випромінюючого насадка пальника, потужність системи опалення, повітрообмін приміщення, опір системи вентиляції. Кількість невідомих дорівнює кількості рівнянь у системі, отже, вона має єдиний розв'язок.

Отримана система досить складна, тому для її розв'язання доцільно застосувати числові методи. Розв'язання цієї системи рівнянь для кожного окремого приміщення дозволить оптимізувати систему опалення та вентиляції приміщення і зменшити сумарні витрати на створення його мікроклімату.

1.Родин А.К. Газовое лучистое отопление. – Л.: Недра, 1987. – 191с.

2.Богословский В.Н. Отопление и вентиляция. Ч. 11. Вентиляция. – М.: Стройиздат, 1976. – 439 с.

3.Строй А.Ф., Припотень Ю.К. Критерий комфортности и методика определения мощности различных систем отопления // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2000. – №2. – С.69-72.

*Отримано 10.04.2001*

УДК 662.69

**А.Г.КОЛИЕНКО, канд. техн. наук, Е.А.ПАНЧЕНКО**

*Полтавский государственный технический университет им.Юрия Кондратюка*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РАДИАЦИОННЫХ ГАЗОВЫХ ТРУБ**

Рассматриваются основные принципы повышения эффективности работы радиационных труб. Получена зависимость величины теплосъема с поверхности трубы от коэффициента избытка воздуха, которая позволяет установить закономерность распределения давления и расхода воздуха. Для обеспечения условия равномерного теплосъема подача воздуха должна осуществляться неравномерно с поступлением минимального количества воздуха в зону с максимальным тепловыделением.